



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09279229 A**(43) Date of publication of application: **28.10.97**

(51) Int. Cl.

**C21D 7/06****B24C 1/10**(21) Application number: **08092786**(22) Date of filing: **15.04.96**(71) Applicant: **SUNCALL CORP FUJI  
SEISAKUSHO:KK FUJI  
KIHAN:KK**(72) Inventor: **YAMADA YOSHIAKI  
ISHIDA MASAOKI  
UTSUMAKI KAZUHIRO**(54) **SURFACE TREATMENT OF STEEL WORK**

## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the fatigue characteristics of a steel work by conducting shot peening treatment of the surface of the steel work with fine metal grain in a specific condition.

SOLUTION: A shot peening treatment to project fine hard metal grain of 20 to 100 $\mu$ m grain size in the high velocity <sup>3</sup> 80m/sec making air or the other gas as a carrier is executed onto a valve spring of an engine or a coil spring of a clutch spring, etc., requiring the fatigue characteristics. In this case, the shot peening condition is regulated so that the surface temperature of untreated spring material is set between <sup>3</sup>150°C at which the cementite solubility is raised higher than at the room temperature and the temperature at which the restore recrystallization of steel and austenitizing are caused. Or by executing two step shot peening treatment in advance

of this shot peening treatment, the shot grain of 100 $\mu$ m to 1.0mm is projected and the compression residual stress is added at the position of 0.05mm to 0.5mm depth from the work surface, thus the fatigue characteristics of the steel work is improved further effectively and largely.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-279229

(43) 公開日 平成9年(1997)10月28日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 7/06		9270-4K	C 2 1 D 7/06	A
B 2 4 C 1/10			B 2 4 C 1/10	F

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-92786

(22) 出願日 平成8年(1996)4月15日

(71) 出願人 000175722

サンコール株式会社

京都府京都市右京区梅津西浦町14番地

(74) 上記1名の代理人 弁理士 江原 省吾 (外2名)

(71) 出願人 000154129

株式会社不二製作所

東京都江戸川区松江5丁目2番24号

(71) 出願人 000154082

株式会社不二機販

愛知県名古屋市北区丸新町471番地

(74) 上記2名の代理人 弁理士 江原 省吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼製ワークの表面処理方法

(57) 【要約】

【課題】 微細投射材使用のショットピーニングで一層の疲労特性の向上を図ること。

【解決手段】 20~100 $\mu$ mの多数の硬質金属粒子を、鋼製ワークの表面へ80m/sec以上の衝突速度で投射する。その際、衝突によるワーク表面の昇温限界を150℃よりも高温であって、鋼の回復再結晶とオーステナイト化を引き起こす温度よりは低温となるように衝突速度を制御する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 20～100  $\mu\text{m}$ の多数の硬質金属粒子を、鋼製ワークの表面へ80 m/sec以上の衝突速度であって、かつ、衝突によるワーク表面の昇温限界を150℃よりも高温であって鋼の回復再結晶を引き起こす温度よりは低温に制御しつつ衝突させることを特徴とする鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項2】 前記昇温限界の高温側を転位固着の上限温度としたことを特徴とする請求項1記載の鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項3】 空気その他のガスを担体として前記金属粒子を投射することを特徴とする請求項1記載の鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項4】 鋼製ワークの表面に100  $\mu\text{m}$ ～1.0 mmのショット粒子を投射してワークの表面から0.05 mm～0.5 mmの深さ表面領域に圧縮残留応力を付与した後、請求項1記載の表面処理を施すことを特徴とする鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項5】 弁ばねやクラッチばね等のコイルばねに、300  $\mu\text{m}$ を越える寸法のショット粒子を100 m/sec以上で投射し、次に100  $\mu\text{m}$ を越え300  $\mu\text{m}$ 以下のショット粒子を投射してワークの表面粗さと圧縮残留応力を改善した後、請求項1記載の表面処理を施すことを特徴とする鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項6】 20  $\mu\text{m}$ ～60  $\mu\text{m}$ の金属粒子を薄板ばねの表面に投射することを特徴とする請求項1記載の鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか記載の表面処理を、鋼製ワークの表面に外応力を作用させた状態で行う鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項8】 請求項1～7のいずれか記載の表面処理を施した鋼製ワークを、冷間または温間セッティングすることを特徴とする鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項9】 請求項1～8のいずれか記載の表面処理を施した鋼製ワークを、低温テンパーすることを特徴とする鋼製ワークの表面処理方法。

【請求項10】 請求項1～9のいずれか記載の表面処理を施したばね。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微細金属粒子の高速ショットピーニングによる鋼製ワークの表面処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】エンジンの弁ばねやクラッチばね等のコイルばねは、耐疲労性が要求されるため、通常、ショットピーニング処理される。このショットピーニングには鋼製金属粒子（鋼球またはカットワイヤ）が使用されるが、その大きさは一般的には0.6～0.8 mmである。このように比較的大きな金属粒子を速度100 m/

secよりも遅い速度で投射しているが、これだけではワーク表面の圧縮残留応力、表面粗さ、表面硬さの程度が不十分な場合がある。そこで、このような場合には0.2～0.3 mmの比較的小さな金属粒子を100 m/sec以下で投射する二回目のショットピーニングを施し、圧縮残留応力、表面粗さ、表面硬さを改善することも行われている。また、このようなショットピーニングを、ワークを150～400℃に加熱した状態で実施して、耐疲労性を一段と向上させる方法も知られている。

【0003】一般に、投射材の粒径が大きくなるに従いワークの表層に形成される圧縮残留応力の領域は深くなるので、表層皮下の深さ0.2～0.5 mmに散在する非金属介在物、例えば、粒径20～40  $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_2\text{O}_3$ や $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ （スピネル）の塊からの疲労折損の防止に対しては、600～800  $\mu\text{m}$ の大きさの投射材が有効である。

【0004】しかし、投射材が大きくなると表面の凹凸（表面粗さ）が大きくなり、特に、投射速度が大きくなるに従いそのような傾向が加速されるため、ワークの表面近傍からの折損が起こりやすくなる。

【0005】そこで、最初に600～800  $\mu\text{m}$ の投射材を使用してショットピーニングを行い、その後、200～300  $\mu\text{m}$ 程度の小粒径の投射材を使用してショットピーニングを行って表面からの疲労折損を防止する、いわゆる二段ショット法も実用されている。

【0006】一方、40～200  $\mu\text{m}$ の微細投射材を100 m/sec以上で高速投射してワーク表面を $A_3$ 変態点以上に昇温させる表面処理法も提案されている（特公平2-17607号）。この処理法は、 $A_3$ 変態点以上の昇温熱処理によるワーク表面付近の組織変化と、ショットピーニングによる高圧縮残留応力とによって、極めて高い表面硬度と疲労強度を得ることを目的としている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような高速投射ではワーク表層部に局所的な高速断熱剪断変形帯（adiabatic shear band）が生じやすく、特に断熱剪断変形箇所でもマルテンサイトやベイナイトなどの過冷組織が局所的に発生すると、そこでの折損の可能性が高くなり、ワークの疲労特性に悪影響を与える。

【0008】本発明の目的は、微細投射材使用のショットピーニングでの一層の疲労特性の向上を図ることにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】一般的に弁ばね等を実施されている0.6～0.8 mmの投射材使用のショットピーニングでは、最表層から数十  $\mu\text{m}$ の深さ位置に圧縮残留応力と硬さのピークができ、これは表層皮下の非金属介在物からの折損を防止する上では有効であるが、表

面粗さの点で問題が残ることは既述した。このように耐疲労性は圧縮残留応力、表面粗さ、硬度、非金属介在物など様々な要因と複雑に関係しており、特定の要因のみに着目して対策しても耐疲労性を効果的に向上させることはできない。

【0010】本発明者らは、ショットピーニング時のワークの表面温度に着目し、この表面温度を、セメンタイト ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) の溶解度が室温よりも増大する  $150^\circ\text{C}$  以上であって、かつ、鋼の回復再結晶とオーステナイト化を引き起こす温度よりは低温となるように、 $20\sim 100\mu\text{m}$  の多数の硬質金属粒子を、鋼製ワークの表面へ  $80\text{m}/\text{sec}$  以上の所定速度に制御して衝突させるようにした。

【0011】 $20\sim 100\mu\text{m}$  の微細硬質金属粒子が  $80\text{m}/\text{sec}$  以上もの高速で鋼製ワークの表面に衝突すると、ワークの表層中のセメンタイトが細かく破碎されると共に、衝突によるワーク表面の塑性変形によって生じる発熱によって破碎セメンタイトが  $150^\circ\text{C}$  以上に昇温され、これによりセメンタイトの溶解度が上昇し、破碎セメンタイトの一部が分解し、セメンタイトの結晶格子から飛出し自由になった炭素原子が、衝突による塑性変形で出来た  $\alpha$  鉄中の転位箇所に偏析するいわゆるコトレル雰囲気形成による転位の固着によって転位運動を妨げ、降伏強さが強化される。このようなメカニズムによってワークの最表層部が硬化する。また本発明は、 $20\sim 100\mu\text{m}$  の微細金属粒子を使用するから表面粗さを滑らかに維持でき、かつ、圧縮残留応力と硬さのピークを最表層側に寄せて、かつ、大きな値で形成することができるから、転位の固着効果と相俟って耐疲労性が向上する。

【0012】ただし、転位固着は温度依存性が大きいため、微細粒子の衝突によるワーク表面の高温側昇温限界は、転位固着の上限温度である  $450^\circ\text{C}$  以下にするとよい。

【0013】なお、 $100\mu\text{m}$  よりも大きな粒子では、 $80\text{m}/\text{sec}$  以上の高速投射をしてもセメンタイトの破碎片の細かさが十分でなく、表面の残留応力と硬さおよび疲労強度改善効果が顕著ではない。また、 $20\mu\text{m}$  未満の微細な粒子では、空気その他のガスを担体として投射しても  $80\text{m}/\text{sec}$  以上の高速投射は困難である。

【0014】また、 $0.6\text{mm}\sim 0.8\text{mm}$  の投射材による第1段ショット後に、 $0.2\sim 0.3\text{mm}$  の投射材による第2段ショットを実施した後、さらに第3段ショットとして、本発明による微細粒子による高速ショットピーニングを施すと、表層皮下の比較的浅い所から深い所まで広い深さ範囲でしかも大きな値で圧縮残留応力を付与することができ、また表面粗さと表面硬さも微細粒子の投射で改善されるから、さらに良い耐疲労特性改善効果が得られる。

### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態につき説明する。本発明で使用する投射材（ショット）は、 $20\sim 100\mu\text{m}$  の硬質金属粒子であり、普通は鋼球またはカットワイヤである。このような微細金属粒子を鋼製ワークである例えば弁ばねやクラッチばねの表面へ  $80\text{m}/\text{sec}$  以上で衝突させる。このような微細粒子の高速投射はインペラー投射もしくは空気その他のガスを担体として投射する。ショットピーニングの程度は、本発明ではカバレッジで  $100\%$  以上にする。 $100\%$  以上の何%までいっているかはショット時間から比例計算する。

【0016】投射速度が大きくなるに従いワークの表面温度が上昇するが、本発明ではこの昇温の下限と上限を規制している。すなわち、最低昇温限を  $150^\circ\text{C}$  とし、最大昇温限界を鋼の回復再結晶とオーステナイト化を引き起こす温度よりも低温に規制している。ワークの表面温度は、投射する金属粒子の大きさ、速度、投射時間と、ワークの種類によってほぼ一義的に決まるので、これら諸条件と温度間の関係を予め制御用データとして集積しておき、このデータに基づいて投射時間と投射速度の制御をする。

【0017】また、表層皮下の非金属介在物からの折損予防効果を強化するためには、本発明の微細粒子のショットピーニングと  $100\mu\text{m}$  よりも大きな投射材を使用する従来のショットピーニングとを組合せたいわゆる多段ショットとするのが望ましい。例えば2段ショットとして、鋼製ワークの表面に  $100\mu\text{m}\sim 1.0\text{mm}$  のショット粒子を投射してワークの表面から  $0.05\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$  の深さ位置に圧縮残留応力を付与した後、本発明の微細粒子のショットピーニング処理を施す。また、3段ショットとして、弁ばねやクラッチばね等のコイルばねに、 $300\mu\text{m}$  以上のショット粒子を投射し、次に  $100\mu\text{m}$  を越え  $300\mu\text{m}$  未満のショット粒子を投射してワークの表面粗さと圧縮残留応力を改善した後、本発明の微細粒子のショットピーニング処理を施す。

【0018】厚みが比較的薄い例えば薄板ばね等のワークに対しては、ワーク内部の応力勾配が急になり深い所まで圧縮残留応力を付与する必要性がないことから、比較的細かい例えば  $20\mu\text{m}\sim 60\mu\text{m}$  の金属粒子を投射するのが望ましい。

【0019】また、圧縮残留応力を特に増大させる必要があるワークに対しては、ワークに外応力を作用させた状態でのいわゆるストレスピーニングを施すとよい。

【0020】弁ばねやクラッチばね等では、ばね単体をショットピーニングした後に冷間または温間セッティングして残留応力を付与し、へたりを防止することができる。

【0021】また、必要に応じて、 $100\mu\text{m}$  以下、望

ましくは20～60 $\mu$ m以下の金属粒子による高速ショットを施したばねを、例えば230℃で低温テンパーする。ただし、本発明の微細粒子のショットピーニングによれば、ワーク表面のみを例えば150～450℃に昇温させた後冷却させる一種の部分低温テンパーが可能であるから、ワークの表層は低温テンパーによる靱性向上が必要だが、中心部は特に必要でないワークに対しては、この低温テンパーを省略することも可能である。

#### 【0022】

##### 【実施例】

(1) 実施例1と比較例1に使用した鋼製ワークは、4.5mm $\phi$ 、JIS SW0SCVのコイルばねである。

(実施例1) 次の2段ショットピーニングを施した。

#### 【0023】第1段ショット

0.6mm $\phi$ のカットワイヤを、衝突速度 $v=70\text{m/sec}$ 、カバレッジ300%に設定して投射した。

#### 【0024】第2段ショット

0.3mm $\phi$ のスチールショットを、衝突速度 $v=80\text{m/sec}$ 、カバレッジ200%に設定して投射した。

#### 【0025】第3段ショット

平均40 $\mu$ mのスチールショットを、衝突速度 $v=180\text{m/sec}$ 、カバレッジ400%に設定して投射した。

【0026】この第3段ショットで、ワークの表面温度の上限を150～450℃の間に制御した。

#### 【0027】疲労強度

繰り返し回数 $=3 \times 10^7$ 回まで星型試験機を用いて行った。

【0028】この結果、疲労強度 $=686 \pm 637$  (MPa)であった。

#### (比較例1)

##### 第1段ショット

0.6mm $\phi$ のカットワイヤを、衝突速度 $v=70\text{m/sec}$ 、カバレッジ300%に設定して投射した。

#### 【0029】第2段ショット

0.3mm $\phi$ のスチールショットを、衝突速度 $v=80\text{m/sec}$ 、カバレッジ200%に設定して投射した。

【0030】との各ショットで、ワークの表面温度の上限を150～450℃の間に制御した。

#### 【0031】疲労強度

繰り返し回数 $=3 \times 10^7$ 回まで星型試験機を用いて行った。

【0032】この結果、疲労強度 $=686 \pm 588$  (MPa)であった。

#### (疲労強度の比較)

実施例1の疲労強度 $\cdots 686 \pm 637$  (MPa)

比較例1の疲労強度 $\cdots 686 \pm 588$  (MPa)

実施例1の方が、 $637 - 588 = 49$  (MPa)だけ疲労強度が上がったことが分かる。

(2) 実施例2と比較例2に使用した鋼製ワークは、弁ばね用Si-Cr鋼を冷間圧延した薄板から作った200個の薄板成形ばねである。

【0033】この薄板成形ばねは詳しくは次の工程で製作される。

【0034】弁ばね用Si-Cr鋼の表面皮削り→鉛パテンティング(焼鈍)→酸洗い→伸線→平圧延材(断面寸法1.4mm厚 $\times$ 5.5mm幅、平均断面硬さHv=540)→コイルリング

#### 10 (実施例2)

次のショットピーニングを施した。

【0035】0.05mm $\phi$ のスチールショットを、圧縮エアによって衝突速度 $v=180\text{m/sec}$ 、カバレッジ100%以上、投射時間 $t=13$ 秒に設定して投射した。

【0036】この際、ワークの表面温度の上限を150～450℃の間に制御した。

#### 【0037】疲労強度

疲労限を $10^8$ 回とし、平均応力=振幅応力の条件で片振り疲労試験を行った結果、 $\sigma_{\max}=165\text{kgf/mm}^2$ であった。

#### (比較例2)

次のショットピーニングを施した。

【0038】0.3mm $\phi$ のスチールショットを、インペラーによって、衝突速度 $v=80\text{m/sec}$ 、カバレッジ100%以上、投射時間 $t=30$ 分に設定して投射した。

【0039】この際、本発明ではワークの表面温度の上限を150～450℃の間に制御した。

#### 30 【0040】疲労強度

疲労限を $10^8$ 回とし、平均応力=振幅応力の条件で片振り疲労試験を行った結果、 $\sigma_{\max}=125\text{kgf/mm}^2$ であった。

(疲労強度の比較) 実施例2の方が、 $165 - 125 = 40\text{kgf/mm}^2$ だけ疲労強度が上がったことが分かる。

#### (3) X線回析

実施例2の0.05mm $\phi$ の微細ショットを施したウェーブスプリングと、比較例2の0.3mm $\phi$ のスチールショットを施したウェーブスプリングの各表層に、X線(Cu $\alpha$ 線)を照射してX線回析を行った。

【0041】その結果、ショット前の圧延ないしばね成形したワーク表面(圧延面)には、 $\alpha$ 鉄を圧延した時に通常発達する $\{200\} <110>$ 集合組織が発達しているすなわち、圧延面に平行に $\{200\}$ 面が優先的に配向し、圧延方向に $<110>$ 方位が優先的に配向している。

【0042】しかし、これに実施例2と比較例2のショットをそれぞれ施すと、圧延面上には $\alpha$ 鉄の $\{110\}$ 面が優先配向し、圧延状態では存在した $<110>$ 方向

(圧延方向)の優先方位が消滅することが分かった。

【0043】ここで注目すべき点は、本発明による微細ショットよりも、従来のショットの方が、投射による $\alpha$ 鉄の{110}集合組織がよく発達していることである。この理由は、従来法においては30分間の長時間ショット投射によりショットのカバレッジが十分大きく、多数のショットが繰り返し投射され、その累積効果によって集合組織がよく発達したものと考えられるが、本発明の場合、ショット投射時間はわずか13秒であり、カバレッジは100%以上となっているものの、従来ショットよりも集合組織の発達が小さいことが主原因と考えられる。

【0044】同じX線回析測定の結果で、 $\alpha$ 鉄の(110)(200)(211)のピークの位置は、巨視的残留応力生成によるわずかな変化は認められるものの、マルテンサイト生成によるような大幅なピーク位置の変化はない。しかし、実施例2の方が比較例2よりもこれら回析ピーク位置の変化は大きく、表層により大きな圧縮残留応力が生成することも判明した。

【0045】また、走査電子顕微鏡による表層組織観察で、表層から数 $\mu$ mの深さまでは実施例2と比較例2は同様の金属組織を呈しており、実施例2にマルテンサイト組織や断熱剪断変形帯は認められない。従って、実施 \*

\*例2のショット処理は適切な条件でなされているといえる。

【0046】また、表層部の硬さ分布を求めた結果と、電子顕微鏡観察結果と、残留応力測定結果のいずれにおいても、実施例2は比較例2よりもショットピーニングの効果が比較的浅い領域に止まっているが効果は大きい。

【0047】

【発明の効果】本発明は前述した如く、投射粒子の小径化によって、ショットピーニングの効果が比較的浅い領域に止まるものの、表層の加工硬化による硬さ上昇と、圧縮残留応力をより大きく付与することができ、表層の粗さも小さくなって表面の凹みによる応力集中が小さくなり、これらの相乗効果で非常に良好な耐疲労性を得ることができるものであり、特に、ワーク表面の昇温限界を150℃よりも高温であって鋼の回復再結晶とオーステナイト化を引き起こす温度よりは低温に制御しつつ衝突させるから、断熱剪断変形帯およびマルテンサイトやベイナイトなどの過冷組織が発生することがなく、また微細粒子の使用によりセメンタイトの破碎細分化を促進させて大規模な遊離炭素原子の生成と転位固着により降伏強さを強化できるから、従来のショットピーニングに比べて耐疲労性を大きく向上させることができる。

フロントページの続き

(72)発明者 山田 凱朗  
京都府京都市右京区梅津西浦町14番地 サ  
ンコール株式会社内

※30

※(72)発明者 石田 雅昭  
愛知県豊田市三軒町4丁目1番地 サンコ  
ール株式会社豊田工場内

(72)発明者 宇津巻 和宏  
京都府京都市右京区梅津西浦町14番地 サ  
ンコール株式会社内